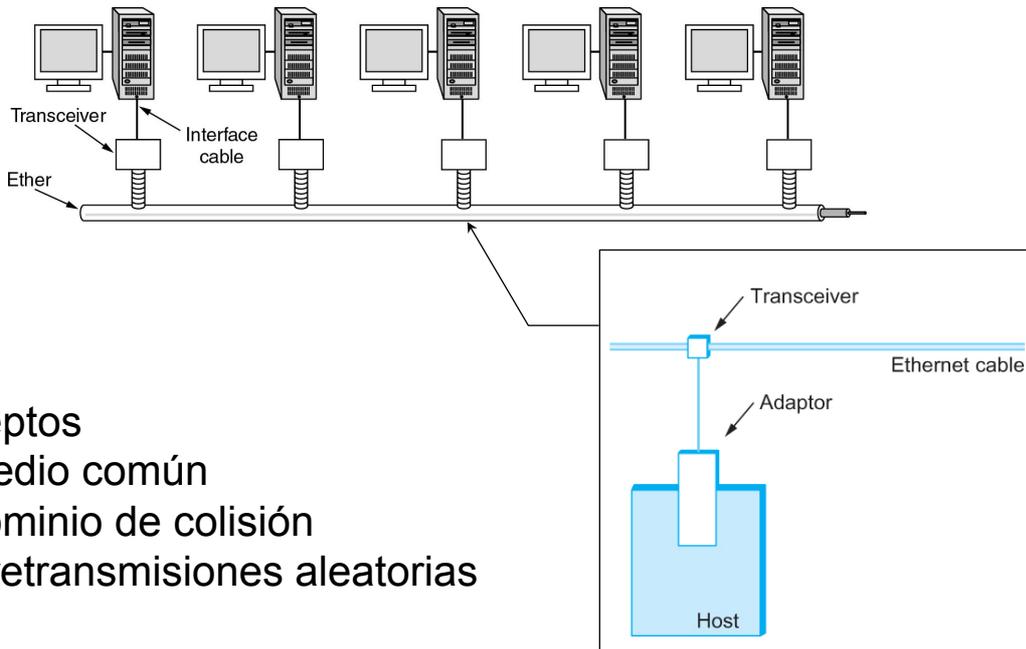


Tema 4: Redes LAN, WAN y Celulares Móviles

Índice

- Redes LAN Ethernet.
 - Nivel físico de Ethernet: Cobre y Fibra óptica
 - Formato de la PDU (trama) de Ethernet
 - IEEE 802.3: Protocolo CSMA-CD. Repetidores Ethernet
 - Arquitectura de Puentes (Bridges) transparentes
 - Conmutación en LAN Ethernet (Bridges)
 - Puentes Transparentes: Caídas por Bucles en la red
 - Spanning Tree Protocol (STP)
 - Ethernet conmutada. Switches y Bridges
 - Redes LAN virtuales VLAN
 - Protocolo ARP
- Redes LAN Inalámbricas: Red WiFi.
- Redes Celulares Móviles.

Ethernet Clásica (“legacy”)



Conceptos

- El medio común
- El dominio de colisión
- Las retransmisiones aleatorias

Nivel físico de Ethernet: Cobre

Cableado estructurado

- Mangueras de 4 pares de cobre retorcidos
- Hasta 100 m entre equipos
- Definición de Categorías (EEUU) y Clases (ISO)

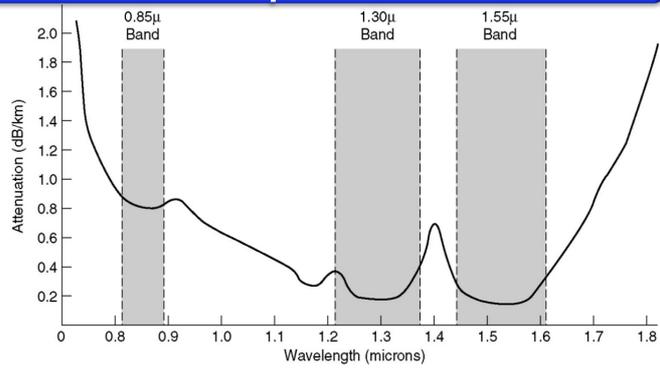
Evolución del cableado

ANSI/TIA/EIA-568	ISO/IEC 11801	Ancho de banda (MHz) a
Categoría 3	Clase C	100 m 16
Categoría 5e	Clase D	100
Categoría 6	Clase E	250
Categoría 6a	Clase Ea	500
	Cat 7 – Clase F	600
	Cat 7a – Clase Fa	1000

Evolución de Ethernet sobre pares	Cat. 3 Clase C	Cat. 5e Clase D	Cat. 6 Clase E	Cat. 6a Clase Ea	Cat. 7 Clase F	Cat. 7a Clase Fa
10Base-T	●	●	●	●	●	●
100Base-T		●	●	●	●	●
1000Base-T			●	●	●	●
10GBase-T				●	●	●
40GBase-T						
100GBase-T						

Nivel físico de Ethernet: Fibra óptica

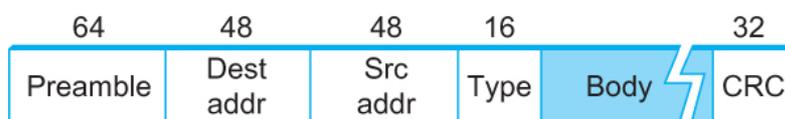
- **3 ventanas de transmisión**
 - 1ª ventana: 850 nm
 - 2ª ventana: 1300 nm
 - 3ª ventana: 1550 nm
- **2 tipos de fibra**
 - Multimodo: Emisores LED
 - Monomodo: Emisores LASER



10BASE-FL	850 nm	1 km
100BASE-FX	850 nm	2 km
1000BASE-SX	850 nm	275 m
		550 m
1000BASE-LX	1300 nm	5 km
		550 m
1000BASE-LX10	1300 nm	10 km
		550 m
10GBASE-SR	850 nm	33 m
		300 m
10GBASE-LRM	1300 nm	220 m
10GBASE-LR	1300 nm	10 km
10GBASE-ER	1550 nm	40 km
40GBASE-SR4, 100GBASE-SR10	850 nm	100 m
40,100GBASE-LR4	1300 nm	10 km
100GBASE-ER4	1300 nm	40 km

<http://ebookbrowse.com/10-gigabit-media-alternatives-pdf-d55700365>
http://www.hp.com/rnd/pdfs/10gig_cablng_technical_brief.pdf

Formato de la PDU (trama) de Ethernet



- Preámbulo
- Direcciones globales MAC (MAC Address).
El espacio de direcciones universal
Transmisión "unicast" y "multicast/broadcast"
- "Type" = Longitud/tipo
- "Body" = Carga útil (mínimo 46 bytes)
Longitud máxima de la trama 1.500 B
- "CRC" = Código Redundancia Cíclica, detección de errores

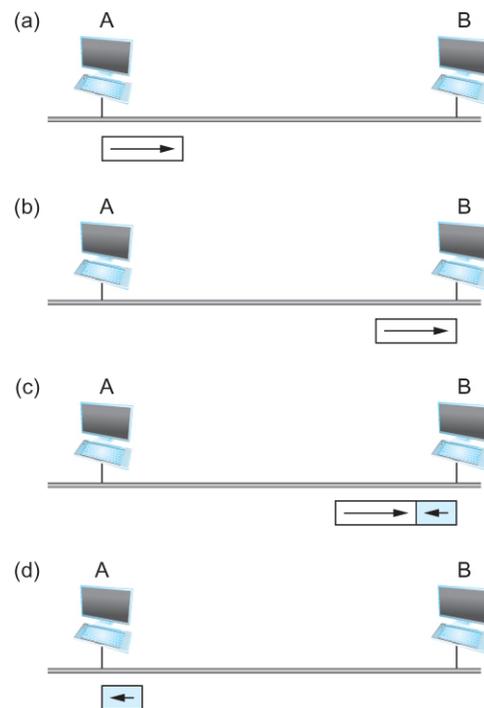
Protocolo CSMA-CD

Protocolo CSMA-CD

- Transmisión Half-duplex
- Detección de portadora
- Detección de colisión y longitud mínima de trama
- Espera exponencial creciente para reintentos

Ventana de colisión

- A transmite en " t "
- Se alcanza B en " $t+d$ "
- B transmite en " $t+d$ "
- El indicador de **colisión** llega a A en " $t+2d$ " (" $t+RTT$ ")



IEEE 802.3: Hubs (repetidores) Ethernet

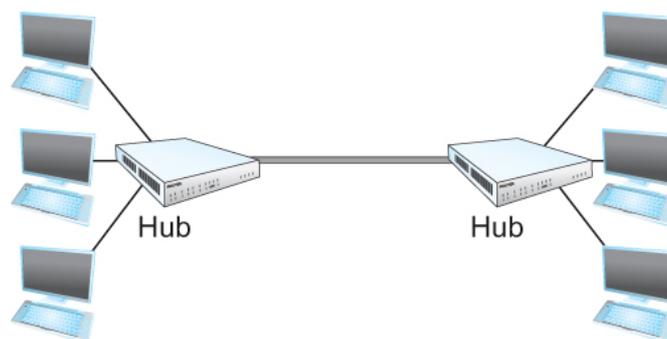
Dominio de colisión = Conjunto de "Hubs" + Cables

Ejemplo:

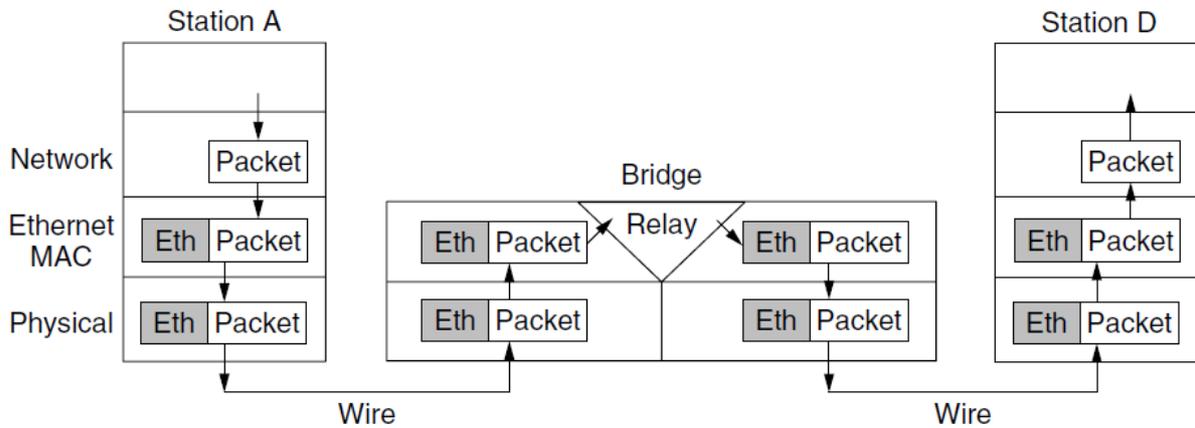
Ethernet con cables de pares trenzados 100BaseT

T(twisted) : pares trenzados de cobre, 100 m máx.

100: 100 Mbps

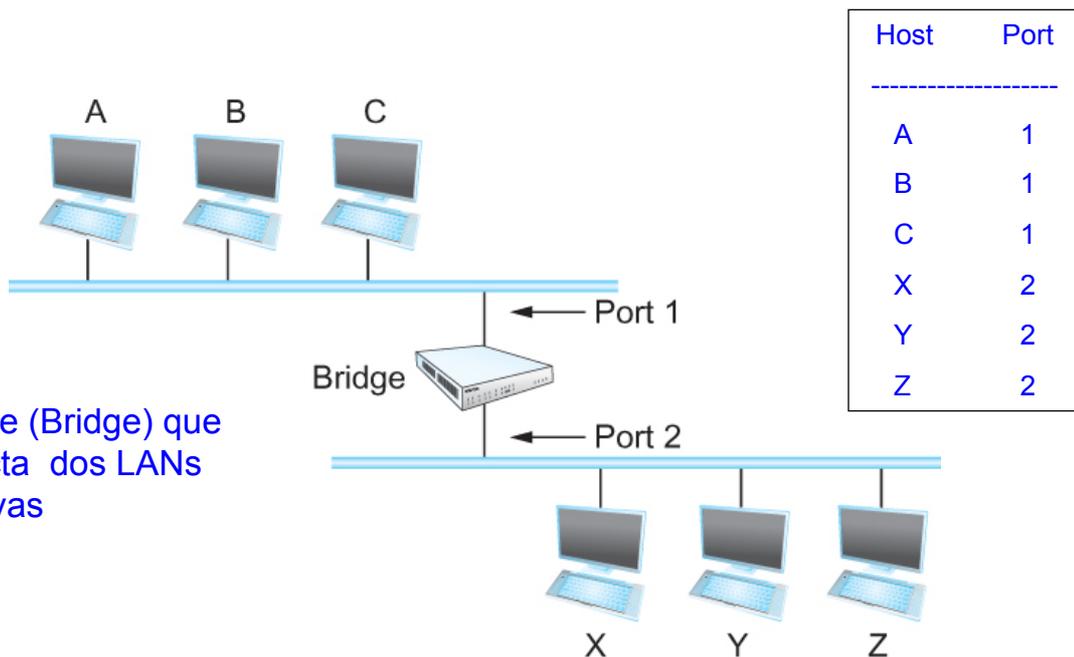


Arquitectura de Puentes (Bridges) transparentes



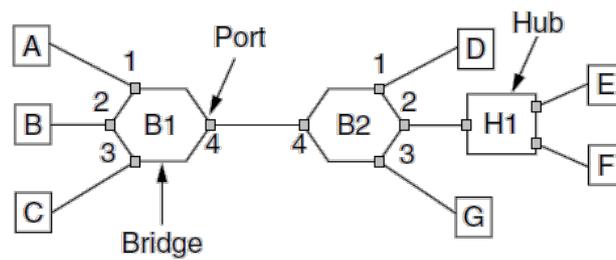
Arquitectura de protocolos en una red “legacy” Ethernet conmutada

Conmutación en LAN Ethernet (Bridges, Switches)



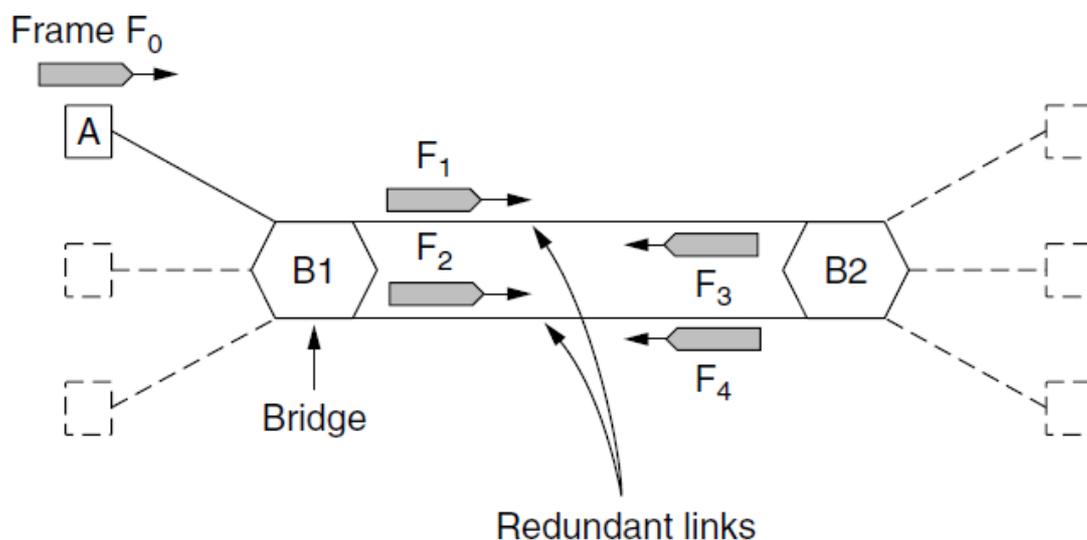
Puente (Bridge) que conecta dos LANs difusas

Puentes: Aprendizaje, olvido e inundación



- En cada “Bridge” una tabla de “forwarding”
 - MAC Addr-Destino -> puerto local.
- Inicialmente vacía
- Cada trama recibida:
 - si MAC Addr-Destino \in tabla de “forwarding” => se encamina.
 - En caso contrario se copia a todos los otros enlaces (inundación)
- “backward learning”: La tabla de “forwarding” se rellena con la MAC Addr-Origen de las tramas
- Las entradas en la tabla se vacían por falta de uso

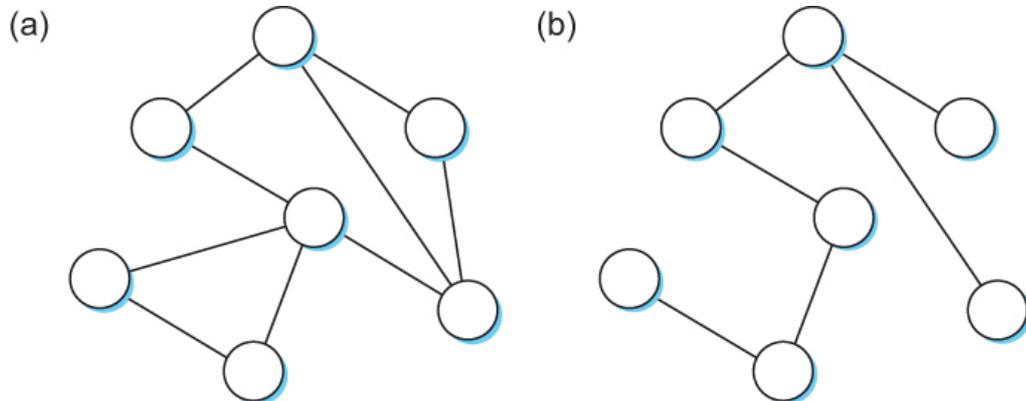
Puentes Transparentes: Caidas por Bucles en la red



Spanning Tree Protocol (STP)

Objetivo:

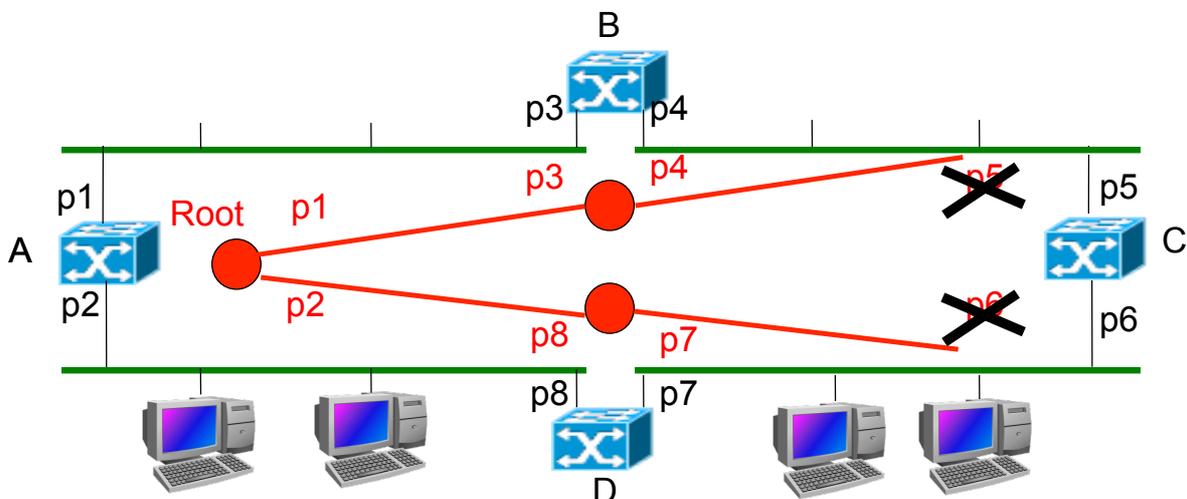
Topología sin bucles y con alcance total (no Óptimo pero Automático)



a) Grafo de red con bucles
b) Posible árbol de expansión

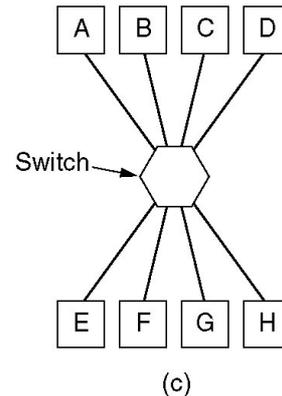
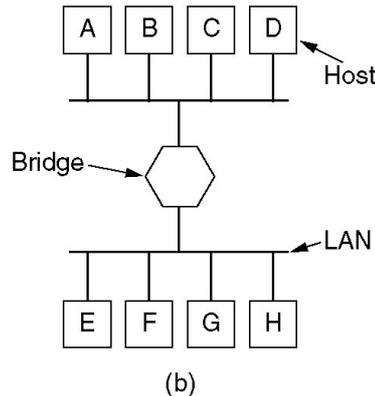
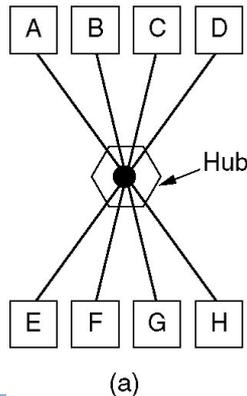
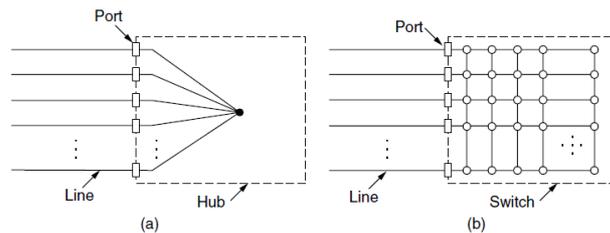
STP – Ejemplo

Sólo se envían PDUs por los puertos habilitados por el STP



Repetidores, Hubs, Bridges, Switches y Routers

Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub



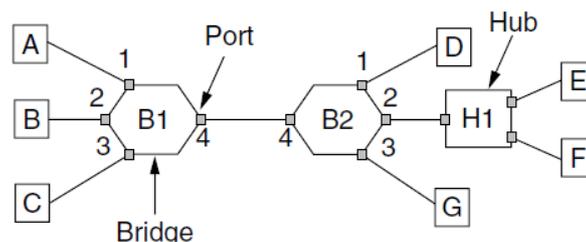
Ethernet conmutada. Switches y Bridges

Bridges

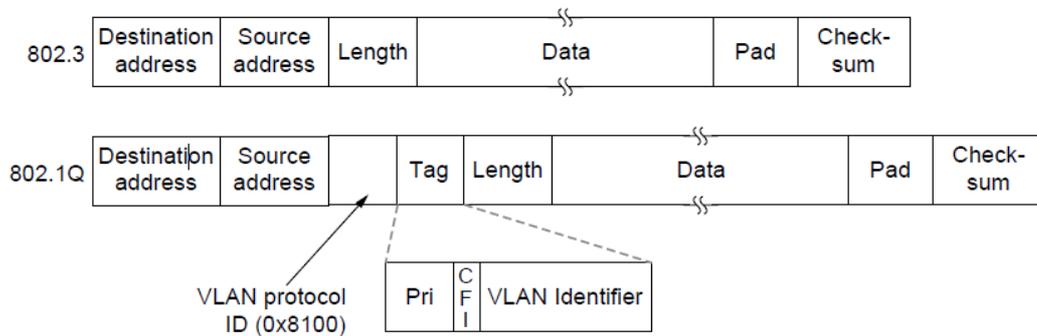
- Manejo de tramas por SW
- Analiza y re-envía trama a trama
- Requiere la capacidad de la LAN

Switches

- Manejo de tramas por HW
- Analiza y re-envía múltiples tramas simultáneamente
- Requiere la N veces la capacidad de la LAN
- Puede incluir SW para operar como un Bridge multipuerto
- Convertir una bus LAN o una Hub LAN en una Switched LAN no requiere ningún cambio en la red o las estaciones.
- Todos las estaciones siguen teniendo la capacidad LAN que tenían (si el switch tiene suficiente capacidad)
- Fácilmente escalable (se pueden añadir estaciones a un switch si se incrementa su capacidad)

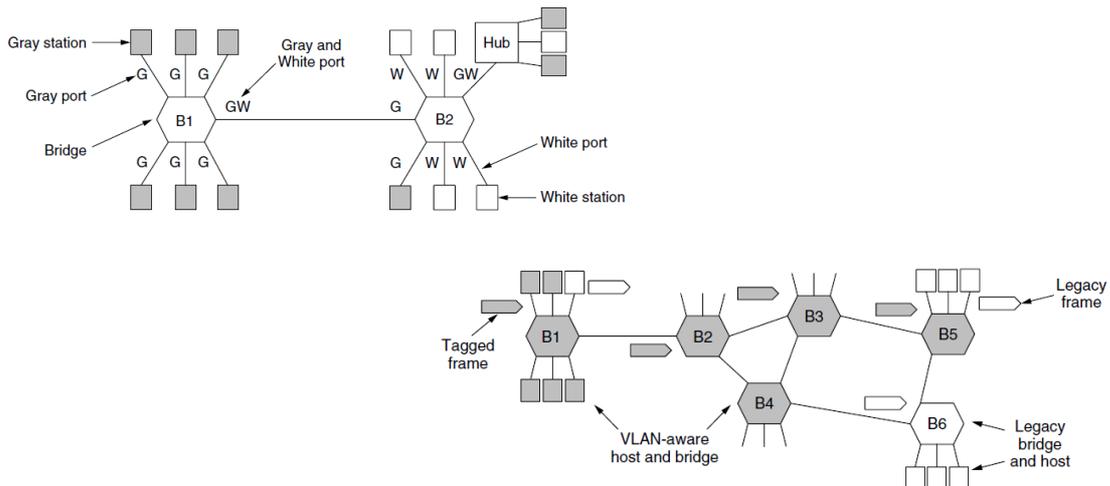


Redes LAN virtuales (VLAN)



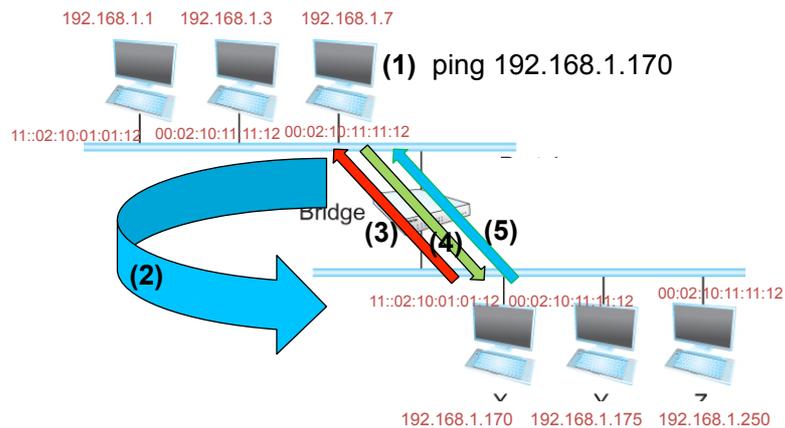
Formato de las tramas Ethernet 802.3 (legacy) y 802.1Q.

Redes LAN virtuales (VLAN)



Bridged LAN que es "VLAN aware" solo en parte .
Los símbolos en gris son "VLAN aware", los blanco no lo son.

Protocolo ARP: Traducción de direcciones IP a MAC

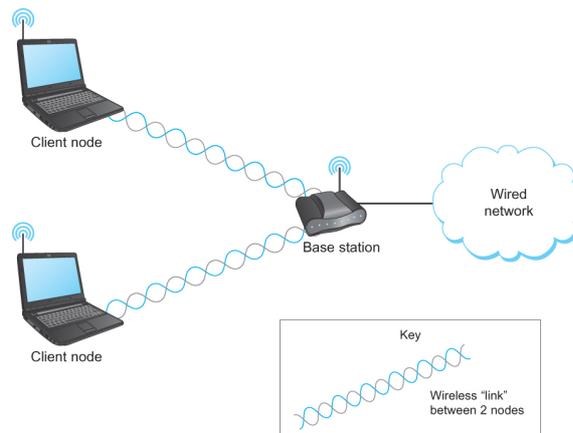


- (1) en 192.168.1.7
 - Comando: ping 192.168.1.170
- (2) en 192.168.1.7
 - **Difusión MAC: ARP** ¿ quién es 192.168.1.170 ?
- (3) en 192.168.1.170
 - **Unicast MAC: Respuesta ARP** ¡ soy 11:02:10:01:12 ! + MAC origen a cache ARP
- (4) en 192.168.1.7
 - **MAC origen a cache ARP + PDU IP-PING** a 192.168.1.7 usando MAC en cache ARP
- (5) en 192.168.1.170
 - **PDU IP-PING-RESPUESTA** a 192.168.1.7 usando MAC en cache ARP

Índice

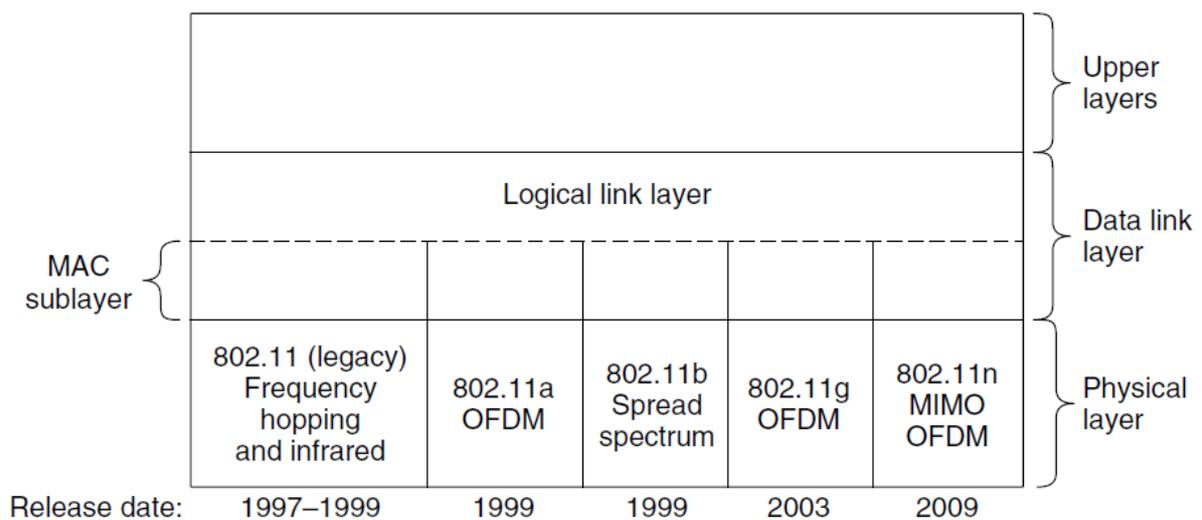
- Redes LAN Ethernet.
 - Nivel físico de Ethernet: Cobre y Fibra óptica
 - Formato de la PDU (trama) de Ethernet
 - IEEE 802.3: Protocolo CSMA-CD. Repetidores Ethernet
 - Arquitectura de Puentes (Bridges) transparentes
 - Conmutación en LAN Ethernet (Bridges)
 - Puentes Transparentes: Caidas por Bucles en la red
 - Spanning Tree Protocol (STP)
 - Ethernet conmutada. Switches y Bridges
 - Redes LAN virtuales VLAN
 - Protocolo ARP
- Redes LAN Inalámbricas: Red WiFi.
 - Estándar IEEE 802.11: Arquitectura de protocolos
 - Red WIFI: Multipropagación
 - El problema del nodo oculto
 - El problema del nodo expuesto
 - Protocolo CSMA-CA
 - Red WiFi Extendida (ESS): Distribución y movilidad
- Redes Celulares Móviles.

Redes LAN inalámbricas: Red WIFI



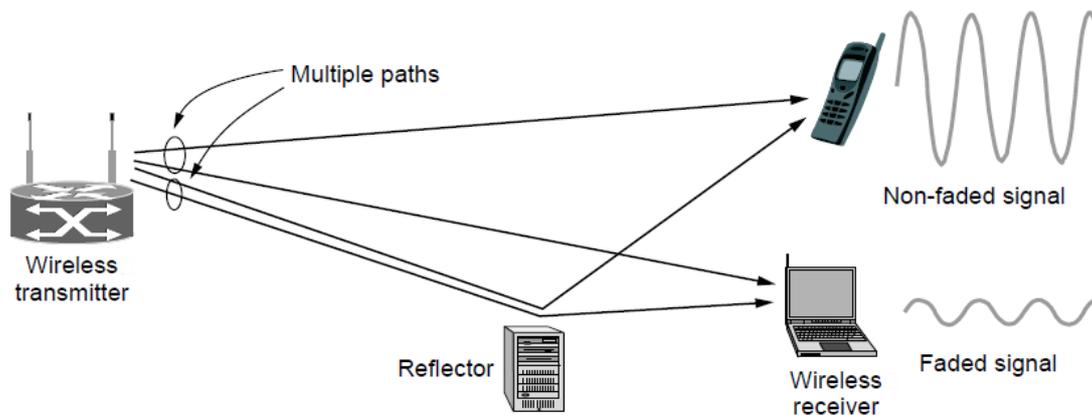
LAN WiFi - Una red inalámbrica con infraestructura: Puntos de acceso

IEEE 802.11: Arquitectura de Protocolos



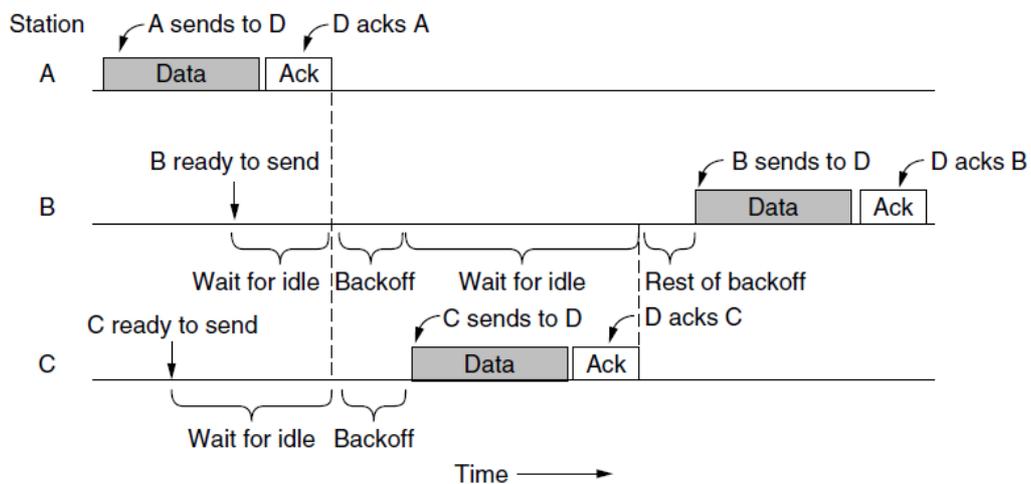
Parte de la torre de protocolos IEEE 802.11

Red WIFI: Multipropagación



- El medio radio no es homogéneo ni estable
- Los paquetes han de ser reconocidos (ACK)

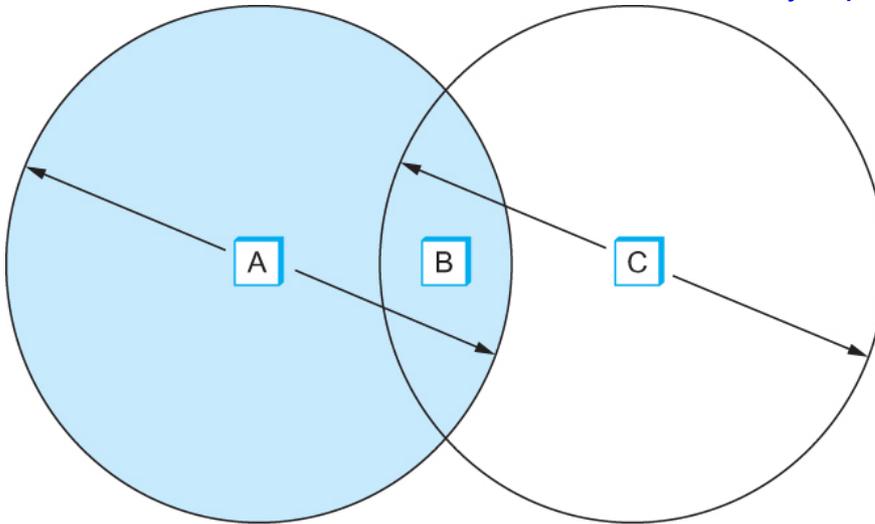
Red WIFI: Protocolo CSMA-CA



Envío de una trama con CSMA/CA

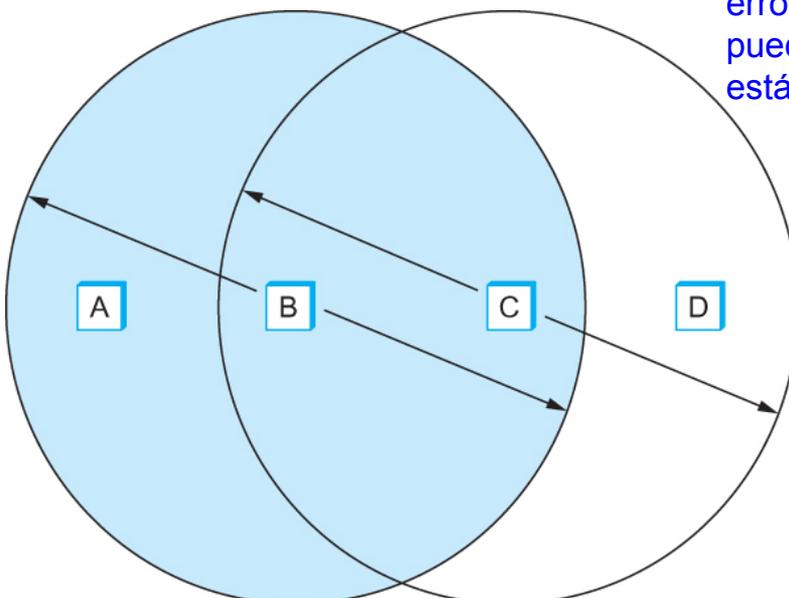
Red WIFI: El problema del nodo oculto

C quiere transmitir a B pero no oye que B está ocupado

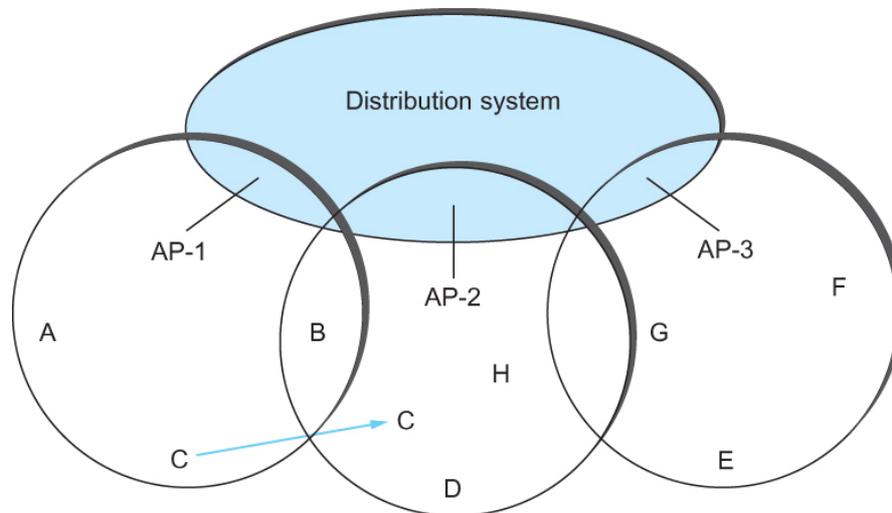


Red WIFI: El problema del nodo expuesto

C quiere transmitir a D pero erróneamente cree que no puede hacerlo porque el canal está ocupado por B



Red WiFi Extendida (ESS): Distribución y movilidad



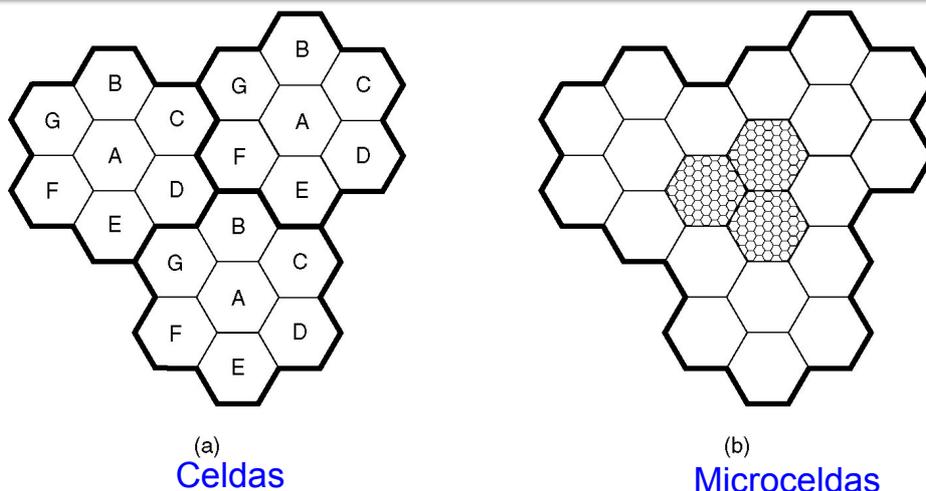
Índice

- **Redes LAN Ethernet.**
 - Nivel físico de Ethernet: Cobre y Fibra óptica
 - Formato de la PDU (trama) de Ethernet
 - IEEE 802.3: Protocolo CSMA-CD. Repetidores Ethernet
 - Arquitectura de Puentes (Bridges) transparentes
 - Conmutación en LAN Ethernet (Bridges)
 - Puentes Transparentes: Caidas por Bucles en la red
 - Spanning Tree Protocol (STP)
 - Ethernet conmutada. Switches y Bridges
 - Redes LAN virtuales VLAN
 - Protocolo ARP
- **Redes LAN Inalámbricas: Red WiFi.**
 - Estándar IEEE 802.11: Arquitectura de protocolos
 - Red WiFi: Multipropagación
 - El problema del nodo oculto
 - El problema del nodo expuesto
 - Protocolo CSMA-CA
 - Red WiFi Extendida (ESS): Distribución y movilidad
- **Redes Celulares Móviles.**
 - Generaciones de sistemas móviles celulares
 - Reutilización de frecuencias
 - Canalización
 - Múltiple / Acceso múltiple en GSM
 - Arquitectura GSM

Los sistemas móviles celulares: Generaciones

- Primera generación: Voz analógica
- Segunda generación (ej. GSM): Voz digital
- Tercera generación (ej. 3G-UMTS): Voz digital y datos
- Cuarta generación (ej. LTE): Voz digital y datos a alta velocidad

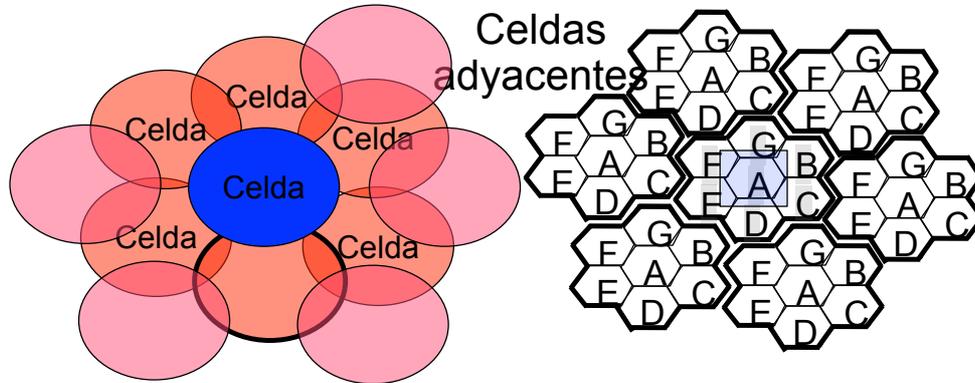
El sistema celular: Reutilización de frecuencias



- No mismas frecuencias en celdas contiguas.
- Mayor densidad de usuarios => microceldas
- Factor de reutilización:
 $F = \text{Portadoras en sistema} / \text{Portadores en cada celda (Pares de)}$

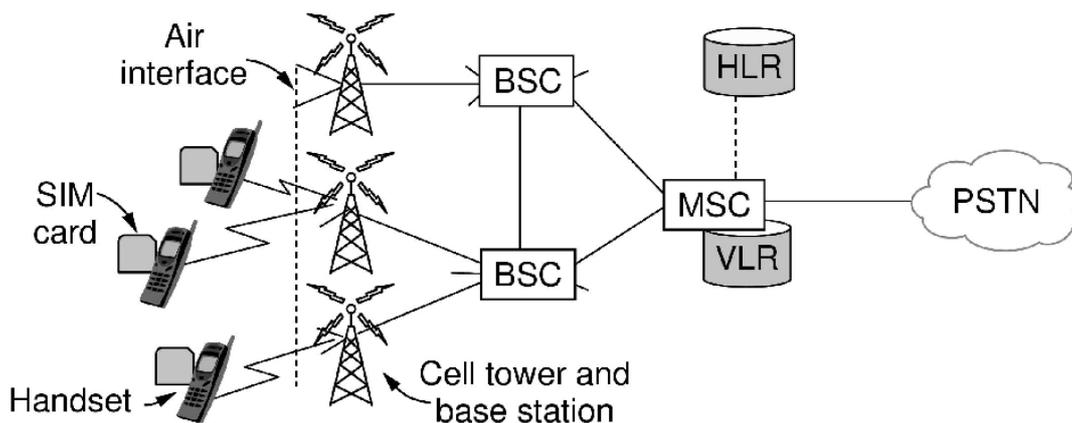
Ejercicio: Reutilización de frecuencias

En un sistema de telefonía celular típico con celdas hexagonales no está permitido utilizar una banda de frecuencias en una celda adyacente. Si hay disponibles un total de 840 frecuencias ¿Cuántas se pueden usar en una celda dada.



F = 7 familias de celdas de la A a la D.
GSM 124 pares de portadoras
 $124/7 = 17,71 \rightarrow 17$ canales duplex por celda

Arquitectura GSM



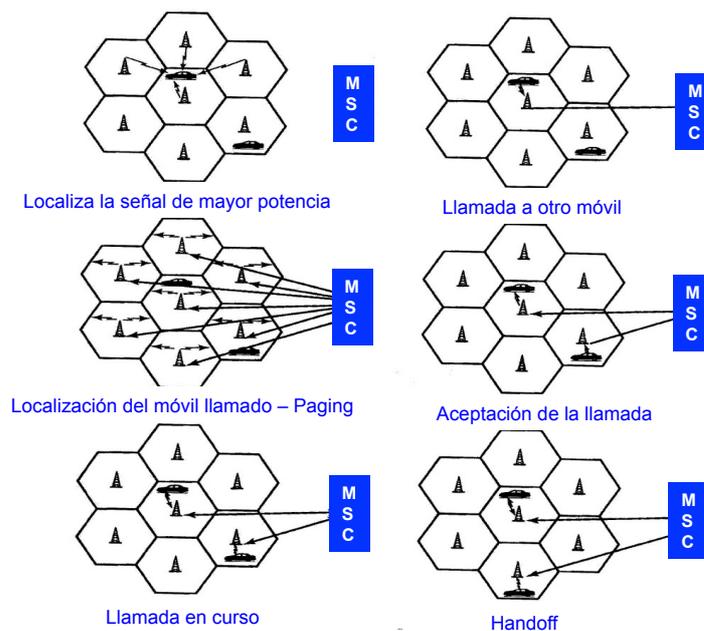
BSC: Base Station Controller
MSC: Mobile Switching Center
HLR: Home Location Register
VLR: Visitor Location Register

El sistema celular: Canalización

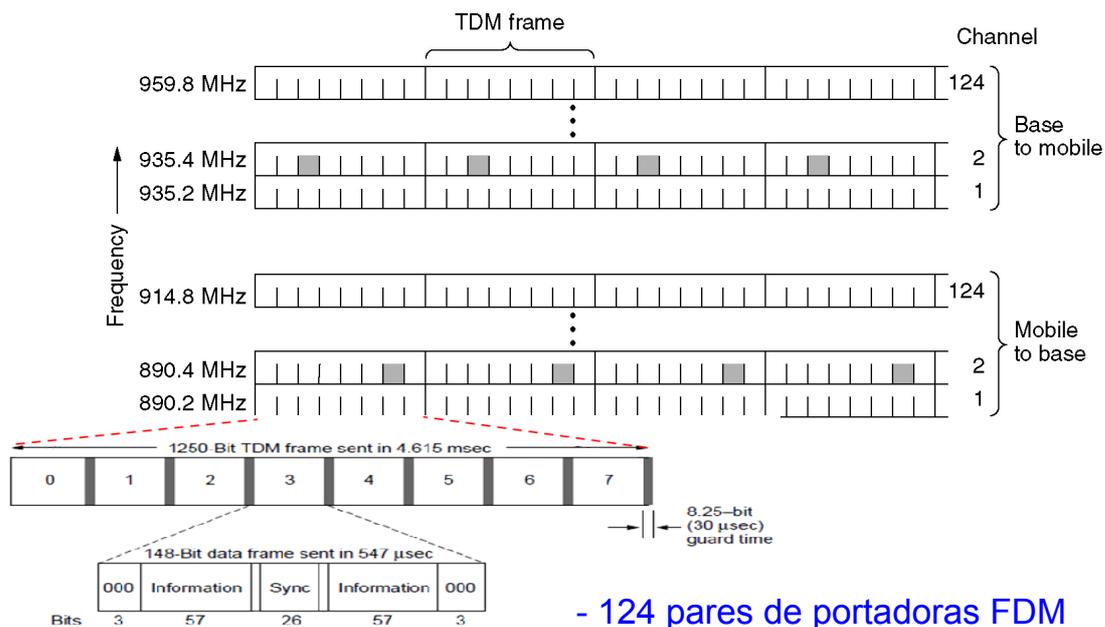
Los canales se dividen en 4 categorías:

- **Control** (base a móvil) para gestionar el sistema
- **Anuncios (Paging)** (base a móvil) para avisar a los usuarios de las llamadas entrantes.
- **Acceso (bidireccional)** para establecimiento de llamadas y asignación de canales.
- **Datos (bidireccional)** para voz o datos.

Llamada entre teléfonos móviles



Múltiplex / Acceso múltiple en GSM



- 124 pares de portadoras FDM
- 8 slots TDM / portadora
- => 1 slot = 1 canal de voz o datos

Características del sistema GSM

- Nº de (pares) portadoras: 124
- Separación entre portadoras: 200 KHz
- Factor de reutilización $F = 7$
- Nº de portadoras/celda: $124/F = 124/7 = 17$
- Nº de canales (usuarios simultáneos) /celda: $8 \cdot 17 = 126$
- Nº máximo de canales en un sistema GSM: depende del número de celdas
- Velocidad de datos (caudal eficaz) del canal sin FEC:
 $(57+57)/4615 \cdot 10^{-3} = 24,70 \text{ Kbps}$
- Velocidad de datos (caudal eficaz) del canal con FEC:
 $24,70 \cdot 2/3 = 16,47 \text{ Kbps}$
- Velocidad de transmisión del canal: $148/547 \cdot 10^{-6} = 279 \text{ Kbps}$
- Velocidad de transmisión por portadora : $1250/4,615 \cdot 10^{-3} = 279 \text{ Kbps}$
- Ancho de banda de un canal: 200/8 KHz
- Eficiencia espectral en velocidad de datos:
 $24,70 \cdot 8/200 \cdot 10^{-3} = 0,988 \text{ bps/Hz}$